



TITLE:

1. Restricted Geometry中の超流動  
 $^4\text{He}$ (名古屋大学理学部物理学教室  
修士論文アブストラクト(1985年度  
追加)

AUTHOR(S):

簗口, 友紀

---

CITATION:

簗口, 友紀. 1. Restricted Geometry中の超流動 $^4\text{He}$ (名古屋大学理学部物理学教室, 修士論文アブストラクト(1985年度)追加). 物性研究 1986, 47(1): 111-113

ISSUE DATE:

1986-10-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/92322>

RIGHT:

## 修士論文アブストラクト (1985年度) 追加

### ○ 名古屋大学理学部物理学教室

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Restricted Geometry 中の超流動 $^4\text{He}$ | 簗 口 友 紀 |
| 2. 電子-格子強結合系の理論と A 15 型化合物におけるマルテンサイト変態    | 土 井 一 平 |
| 3. 重電子系 $\text{Ce}_5\text{Si}_3$ の磁性       | 千 田 正 勝 |
| 4. bcc 固体 $^3\text{He}$ の比熱と圧力             | 宮 嶋 俊 和 |

### 1. Restricted Geometry 中の超流動 $^4\text{He}$

簗 口 友 紀

多孔質媒質に吸着された  $^4\text{He}$  の系, すなわちネットワーク状のポース流体は, その geometry を反映して従来とは異なった構造の超流動転移が期待できる。

例えば, Vycor ガラス<sup>(\*)</sup>に吸着された  $^4\text{He}$  薄膜は“薄膜”である以上, Kosterlitz-Thouless 的な機構によって相転移を起こすと考えるのが自然と思われるが, 実際には  $\lambda$  転移を引き起こす。これは, トポロジカルには三次元であるためと解釈されている。

また, 最近盛んに実験がなされている Zeolite<sup>(\*\*)</sup> 中の  $^4\text{He}$  については, チャンネルの狭さから粒子の exchange が強く制限を受け, 超流動相がそれによってどのように reduce されるかが興味深い。

両者とも, 大局的に見れば三次元であるが, 前者では二次元, 後者では一次元の局所構造を持つため, これらとのクロスオーバーが起こる。本論文では, この観点からこれら二例についてモデル計算を行ない,  $T_C$  を estimate した。結果は以下の通りである。

#### i) Vycor の場合

超流動に寄与する  $^4\text{He}$  は高々一原子層以下なので, 粒子間相関を無視し, 理想ガスとして扱った。次元のクロスオーバー効果は一粒子状態密度を通して考慮される。結果は実験とよく

一致する(図1)。

## ii) Zeolite の場合

Zeolite のモデルとして(図2)のようなものを考えた。粒子数密度を  $\rho$  として,  $\rho l \geq 1$  では粒子間相関を取入れる必要があるため, 量子格子ガス模型を用いた。この場合, 問題はいわゆる飾りつき XY スピンモデルの強磁性転移を解くことと等価になる。古典的な計算により平均場近似の範囲内で,

$$T_C \sim T_0 (2^{\sigma/l} - 1) \cdot \rho (1 - \rho)$$

となる。但し,  $\sigma$  は  $^4\text{He}$  のハードコアのサイズ,  $T_0$  はバルク( $l = \sigma$ )で, かつ half-filled ( $\rho = 1/2$ )の時の転移温度である。 $\sigma \ll l$ では,  $T_C$  は  $1/l$  で 0 に移行するのがわかる。

$\rho l \leq 1$  では,  $\sigma \ll l$  であれば i) と同様にして理想ガスとして扱ってよい。 $\rho$  を小さくしていくと急速に同程度の平均原子間隔を持つバルクの理想ガスのボーズ凝縮温度に一致する。

## (\*) Vycor ガラス

孔径数十~数百 Å 程度のランダムなネットワーク状の細孔を持つ多孔質ガラスで, 通常のガ

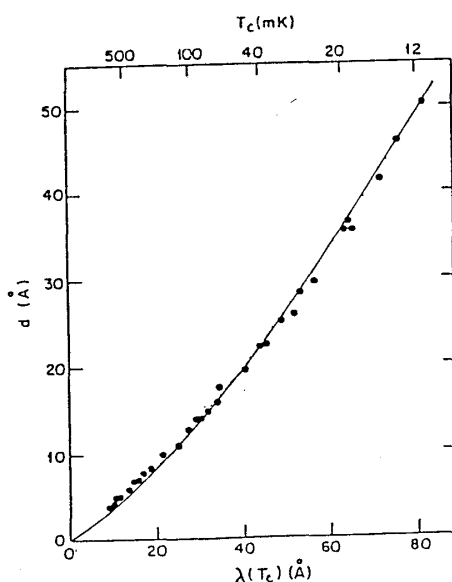


図1 縦軸は平均原子間隔, 横軸は  $T_C$  を熱的ド・ブローイ波長で表わしたものである。実験はコーネル大のグループによるもので, 上図は Phys. Rev. Lett. 51 666(1983)より抜粋した。実線は我々の理論で孔径を 100 Å にとってある。

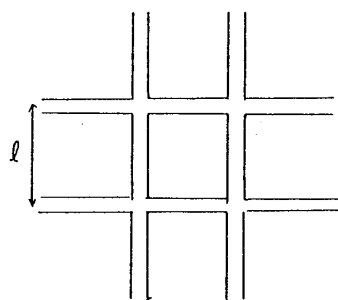


図2 簡単化された Zeolite の構造。細孔が規則的な三次元格子を組んでいる。

ラスに酸に弱いガラスを混ぜて溶かし、その後、酸で洗ってつくる。

(\*\*) Zeolite

孔径が He 原子程度のきわめて規則正しいネットワーク状の細孔を持つ多孔質結晶である。

## 2. 電子－格子強結合系の理論と A15 型化合物における マルテンサイト変態

土 井 一 平

A15 型化合物をはじめとする一連の high- $T_C$ , high- $T_{C2}$  物質は, Anderson-Yu によれば, 電子格子強結合系として位置づけられるが, これらの物質群の特異な物性が, いわゆる Heavy Fermion 系のそれと類似していることが指摘されるようになった。一方, A15 型化合物のうち,  $Nb_3Sn$ ,  $V_3Si$  は低温で Nb, V 一次元鎖上の dimerization を伴う構造相転移 (マルテンサイト変態) を起こすことが知られている。本修士論文では, 電子－格子強結合と Heavy Fermion 系との関係を明らかにした Matsuura-Miyake (M-M)<sup>1)</sup> の理論をレビューし, それに基づいてマルテンサイト変態の機構について考察した。

まず M-M 理論を要約しておく。Yu-Anderson<sup>2)</sup> に従って, 一個の調和振動するイオンと, 縮退した電子ガスが相互作用している系を考える (局所フォノン・モデル)。物理的にはイオンは Nb, V 原子にあたる。簡単のために一次元 (Nb, V 原子一次元鎖方向) のモデルを考え, 電子は spinless fermion とする。 $E_K \gg E_{Ph}$  ( $E_K$ ,  $E_{Ph}$  は原子, フォノンのエネルギー) なる電子をくりこむと, イオンの断熱的ポテンシャルは, 相互作用が十分強いとき, 調和振動子型から double-well 型に変形する (double-well は, マルテンサイト変態の前駆現象であるフォノンのソフト化や弾性率の異方化等の事実と合致する)。低温では擬スピンを導入して, その up, down でイオンが左右の well の底の近傍に局在した状態を表現できる。一方, イオンがどちらかの well に局在すると, 電子もそれに応じて分極するので, その分極ベクトルの二つの向きに応じて, 電子にも擬スピンを割りあてる。M-M は, このようにして擬スピンを導入することにより, 局所フォノン・モデルを擬スピン系に翻訳できることを示した。この擬スピン系は, Vlodar-Zawadowski<sup>3)</sup> の二準位系と同形であり, 彼らのスケーリングの議論を適用すると, M-M の擬スピン系は低温で, 等方的反強磁性 s-d モデルに移行する。M-M は